CO₂レーザー, Nd-YAGレーザー, ハロゲン凝固器
電気メスの生体組織に対する熱的影響の比較

Comparison of the thermal effects on the brain tissue among
the CO₂ laser, Nd-YAG laser, Infrared contact coagulator and
electrosurgical unit

滝澤 利明*, 山崎 隆*, 松本 正久*
東郷 隆志**, 竹内 一政**, 持田 信夫**

Toshiaki TAKIZAWA*, Takashi YAMAZAKI*, Masahisa MATSUMOTO*,
Takashi TOGO**, Kazumasa TAKEUCHI**, Nobuo MOCHIDA**

中央鉄道病院 脳神経外科*

持田製薬(株) 医療機器部**

Comparison of the thermal effects on the brain tissue
among the carbon dioxide laser, Nd-YAG laser, infrared
contact coagulator and electrosurgical unit was carried
out in morphological studies and temperature measurements.
The usefulness of the infrared contact coagulator in
covering the insufficient hemostatic capability of the
carbon dioxide laser was pointed out.
Three cases including a highly vascularized tuberculum
sellae meningioma, hemangioblastoma and AVM were presented.
Those three cases were hemostatically operated using the
carbon dioxide laser in combination with the infrared
contact coagulator.

炭酸ガスレーザーは実質性出血を予防しながら腫瘍を無血的に気化蒸散する能力に優れているが、それでも腫瘍の種類や性状によっては出血のコントロールが困難を極める場合がある。このCO₂レーザーの止血性の不足を補うadjuvant methods¹⁾としてはモノポーラーの電気メス、バイポーラー^{2), 3)}凝固器、接触性赤外線凝固器(ハロゲン凝固器)、Nd-YAGレーザーがある。これらはそれぞれ異なった作用機序と適応を持っている。もし出血している血管が視認できる場合はバイポーラーで止血する。脳幹や視神経のようなvitalな器官の近傍では絶対的にバイポーラーの適応であるが、さもない場合はモノポーラーの方が出血点の周辺の組織を広く凝固するので迅速確実である(図1)。特に骨からの出血はモノポーラーの絶対的な適応である。骨からの出血にはその他に骨ろうを用いる。図2はバイポーラーで猫の脳表を凝固した組織像である。熱凝固の幅は止血ピンセットの両脚の間隔に限定されるので侵襲は少なく精密な止血が行える。図3に見られるように通電時間を長くするとある程度時間に比例して熱凝固層は厚くなる⁴⁾ので止血が確実になる。それに反してCO₂レーザーでは照射時間に比例して組織欠損は大きくなるが熱凝固層は約50 μ の厚さを保って下方に移動するだけである(図4)。Nd-YAGレーザーの場合は図5の如く組織を深く透過し厚さ5mmぐらいの熱凝固層をつくる。CO₂レーザーの熱凝固層は約50 μ で浮腫等の熱的影響を含めても急性実験では500 μ 以内であり高度に限局的であるが(図6)、Nd-YAGレーザーでははるかに厚い熱凝固層ができるためそれだけ止血能力は高いわけである。しかしその反面、脳幹や視神経の近傍では危険で用いられないこと、及び気化蒸散の能力がCO₂レーザーの $\frac{1}{4}$ ぐらいしかなくて遅いことなどの欠点がある。また眼球の保護もCO₂レーザーと異なりガラスを透過するので特別のフィルターを必要とする。Nd-YAGレーザーはoptical fiberを透過するので操作性に優れているが反面、3相交流200Vの大電源を必要とするので一般の手術室ではそのまま使用できないし、また水冷式のため水道管より太い

ホースを長々と引かねばならない。更にCO₂レーザーのadjuvantとして用いるには高価すぎる点も問題である。これに反してハロゲン凝固器はレーザーではないので安価で簡便であり頼りになる止血効果を持つ。ハロゲン凝固器は接触性赤外線凝固器でありハロゲン光源より放射される赤外線を水晶ロッドを透過させて出血点を含む組織に吸収させ熱凝固を来たすものである。この際水晶ロッドの先端で出血部位を押えるので血管は圧縮され血液の流出が一時的に止るがその部位を押えている間赤外線が放出され厚さ2~3mmの熱凝固層をつくる(図7)。これはNd-YAGよりうすいが圧迫して止血する点で極めて頼りになる止血法である。Nd-YAGレーザーの場合は組織が一部気化蒸散することもあるがハロゲン凝固器では組織欠損を来たすことなくそのままの状態で止血する点で安全である。

われわれはCO₂レーザーとNd-YAGレーザーとハロゲン凝固器の組織内温度を比較する実験を行った。図8は温度測定に用いた銅コンスタンタンマイクロサーモカップルで3本のセンサーの間隔は5mmである。家兎の脳表に第1センサーを置き、第2センサーを皮質下5mmの点に、第3センサーを10mmの深さに刺入して記録した。実験条件としては平素止血や気化蒸散に臨床的に用いている出力で比較した。ハロゲン凝固器は21W, 2秒, Nd-YAGレーザーは88W, 1秒, CO₂レーザーは60W, 1秒でビーム径は全部5.9mm ϕ である。paper speedは10cm/minである。脳表の温度は31℃であった。

図9はNd-YAGレーザーの場合で表面のセンサーは670℃以上でスケールアウトしており、5mm下では約60℃の上昇、10mm下でも40℃の上昇を示した。これはNd-YAGレーザーをvitalな器官の近傍で盲目的に使用することの危険性を示している。

図10はCO₂レーザーの場合で表面のセンサーは645℃を示すが5mm下と10mm下ではまったく上昇を示めさない。つまりCO₂レーザーは熱的に極めて限局的であることを示し組織所見と一致する。

図11はハロゲン凝固器の場合で表面のセンサーは129℃を示すが5 mm下では3.2℃, 10 mm下では1℃の上昇にとどまっている。

次にCO₂レーザーとハロゲン凝固器の併用が著効を示した症例を3例供覧する。

(症例1)

図12は47才の女性で高度に血管に富んだ鞍結節部髄膜腫の症例である。従来手段では大量出血が予想されるがハロゲン凝固器で凝固しCO₂レーザーで気化蒸散して無血的に全摘した(図13)。

(症例2)

図14は50才の女性で小脳の血管芽腫である。従来手段では出血のため摘出不可能であったが本症例も両者の併用で無血的に全摘された(図15)。

(症例3)

図16は25才の男性で中大脳動脈よりの穿通枝を栄養動脈とする脳動静脈寄生形で脳内血腫を伴っていた。このnidusをハロゲン凝固器とバイポーラーで凝固しながらCO₂レーザーで蒸散し全摘した(図17)。

ハロゲン凝固器は出血点組織内にあって視認できず血液が組織の割れ目を通して流出するためバイポーラーもCO₂レーザーも無力の場合に頼りになる止血装置である。

われわれはCO₂レーザーにハロゲン凝固器を内蔵させた新しいレーザー手術装置Medilaser-S, Model MEL-444-Sを開発し手術成績を向上させている(図18)。

接触性赤外線凝固器(ICC)は西独のNath⁵⁾らが開発し、外科、^{6), 7)} 歯科、^{8), 9)} 耳鼻科などで用いられているが脳外科領域では報告がなく、少なくともCO₂レーザーのadjuvant methodとして用いたのはわれわれが最初であろうと思われる。しかし出血との不断の闘いである脳外科手術には今後末永く広く用いられるものと思われる。

稿を終るにあたり都立荏原病院、国立千葉病院、及び鳥取大学の各脳神経外科の御協力に感謝の意を表します。

文 献

- 1) Cushing, H., Bovie, W.T.: Electro-surgery as an aid to the removal of intracranial tumors. Surg. Gynecol. Obstet. 47: 751-784, 1928
- 2) Greenwood, J., Jr.: Two point coagulation. Am. J. Surg. 50: 267-270, 1940
- 3) Greenwood, J., Jr.: Two point or interpolar coagulation. Review after a twelve-year period with notes on addition of a sucker tip. J. Neurosurg. 12: 196-197, 1955
- 4) Takizawa, T.: Comparison between the Laser Surgical Unit and the Electrosurgical Unit Neurologia medico-chirurgica 17 (Part 1): 95-105, 1977
- 5) Nath, G., Kreitmair, A., Kiefhaber, P., Moritz, K.: Neue Infrarot-Koagulations Methode. Verhandlungs-band des 9 Kongress der Deutschen Gesellschaft für Gastroenterologie München 1976, Perimed. Verlag, Erlangen: 17-19, 1977
- 6) 小西敏郎, 他: 接触性赤外線コアグレータ(I.C.C.)の外科手術への応用
- 7) Guty, E., Kiefhaber, P., Nath, G., Kreitmair, A.: Infrarot-Kontakt Koagulation, Klinische Anwendung an Leber-und-Milz. 95. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie München, 1978, Vortrag 139
- 8) Durner, H., Nath, G.: Rasche Blutstillung nach Extraktionen durch Infrarot Kontaktkoagulation. Eingerichtet zur Veröffentlichung,

1978

- 9) Schramm, W., Marx, R., Ackermann, K.: Infrarot-Koagulation zur Lokalblutstillung blutungsgefährdeter Patienten. Vorgetragen auf dem 8 Hamburger Hämophilie Symposium, 1977
- 10) Kornmesser, H., Kressner, A., Kreitmair, A., Nath, G.: Ein neues verfahren zur Blutstillung bei Tonsillektomie durch Infrarot-Kontaktkoagulation.
Laryng. Rhinol. 57 : 808-811, 1978

図2. バイポーラ凝固器, 出力2Wで2秒間猫の脳表を凝固, 最少目盛25 μ

図1. モノポーラ凝固, 出力2Wで2秒間猫の脳表を凝固, 最少目盛25 μ

図3. 同じく3W, 3秒間通電(猫脳) 最少目盛25 μ

図4. CO₂レーザー25W, 0.1秒間照射
焦点直径0.5mm (猫脳)
最少目盛25μ

図6. CO₂レーザー60W, 0.1秒照射
ビームスポット径4mmφ
(家兎脳) 最少目盛10μ

図5. Nd-YAGレーザー88W, 1秒照射
ビームスポット径5.9mmφ
(家兎脳) 最少目盛10μ

図7. ハロゲン凝固器18W, 1秒×2回,
ビーム径9.6mmφ
(家兎脳) 最少目盛50μ

図 8. 銅コンスタンタンマイクロサーモカップル
各センサーの間隔は 5 mm

図 10. CO₂レーザーの温度計測

図 9. Nd-YAGレーザーの温度計測
基線は脳表の温度で 31°C
横軸 1 目盛 1 cm / 6 sec

図 11. ハロゲン凝固器の温度計測

図12. 症例1, 47才女性, 鞍結節部髄膜腫術前血管撮影

図14. 症例2, 50才女性, 小脳血管芽腫レーザー手術直前の血管撮影

図13. 同, 術後CT

図15. 同, 術後血管撮影

図16. 症例3, 25才男性, 脳動静脈奇形術前血管撮影

図17. 同, 術後血管撮影

図18. 左はMedilaser-S, Model, MEL-442
右はMedilaser-S, Model, MEL-444-S